

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05095152 A**

(43) Date of publication of application: **16.04.93**

(51) Int. Cl

H01S 3/103
H01S 3/18

(21) Application number: **03253959**

(22) Date of filing: **01.10.91**

(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>**

(72) Inventor: **MIYAZAWA TAKEO
IWAMURA HIDETOSHI**

(54) **SEMICONDUCTOR SHORT OPTICAL PULSE
GENERATOR AND GENERATING METHOD FOR
SHORT OPTICAL PULSE**

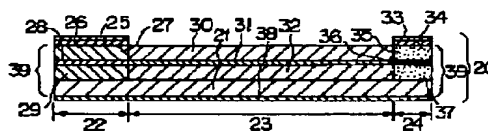
is modulated to modulate the entire gain to generate a mode locking, thereby generating a short optical pulse.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To generate a short optical pulse necessary for an ultrahigh speed optical communication by a mode locking method.

CONSTITUTION: Three regions of an optical amplifying region 22 having semiconductor double heterojunctions, an optical modulating region 24 having a light absorption end for a shorter wavelength than the emitting wavelength of the amplifying region and formed of semiconductor double heterojunctions for holding a quantum well layer, and an optical waveguide region 23 having a semiconductor layer or a quantum well layer which has a light absorption end in a shorter wavelength than that of the absorption end of the modulating region as a core layer are connected in series in the same plane, and light reflecting surfaces are formed on both ends of a structure in which the three regions are disposed in series. Thus, a light is generated from the amplifying region, a voltage applied to the modulating region is modulated, and a loss of the modulating region



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-95152

(43)公開日 平成 5 年(1993) 4 月16日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/103
3/18

識別記号

庁内整理番号

7131-4M
9170-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全 7 頁)

(21)出願番号

特願平3-253959

(22)出願日

平成 3 年(1991)10月 1 日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号

(72)発明者 宮澤 丈夫

東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 岩村 英俊

東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 志賀 正武

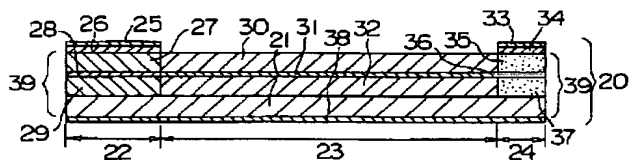
(54)【発明の名称】 半導体短光パルス発生装置および短光パルスの発生方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 本発明は、超高速光通信に必要な短光パルスをモードロック法によって発生させることを目的とする。

【構成】 半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域 2 2 と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端 3 6 を有し量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合によって構成される光変調領域 2 4 と、該光変調領域の吸収端より短波長に光吸収端をもつ半導体層ないしは量子井戸層をコア層とする光導波路領域 2 3 の 3 つの領域を、同一平面内で直列に接続し、該 3 つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面を形成したものである。

【効果】 光増幅領域で光を発生させ、光変調領域への印可電圧を変調し、光変調領域の損失を変調することによって全体での利得を変調してモードロックを起こし、短光パルスを発生させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端を有し量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合によって構成される光変調領域と、該光変調領域の吸収端より短波長に光吸収端をもつ半導体層ないしは量子井戸層をコア層とする光導波路領域の3つの領域が、同一平面内で直列に接続され、該3つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面が形成されてなることを特徴とする半導体短光パルス発生装置。

【請求項2】 半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端をもつ量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合部を備えた量子井戸領域とを具備して構成され、該光増幅領域と該量子井戸領域とが同一平面内で直列に接続され、該2つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面が形成され、更に該量子井戸領域の一部に該量子井戸層に電界を印可するための電極が設けられ、電極形成領域が光変調領域にされ、非電極形成領域が光導波路領域にされてなることを特徴とする半導体短光パルス発生装置。

【請求項3】 請求項1または請求項2記載の短光パルス発生装置において、直列接続された光増幅領域と光導波路領域と光変調領域に対して可飽和吸収領域が直列接続されてなることを特徴とする半導体短光パルス発生装置。

【請求項4】 半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端を有し量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合によって構成される光変調領域と、該光変調領域の吸収端より短波長に光吸収端をもつ半導体層ないしは量子井戸層をコア層とする光導波路領域の3つの領域が、同一平面内で直列に接続され、該3つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面が形成されてなる半導体短光パルス発生装置を用い、光増幅領域に直流電流を印可し、更に、光変調領域に逆バイアス電圧を重畳した高周波電圧を印可し、該高周波電圧の周期を、前記短光パルス光源内を光が往復する時間またはその整数分の一に一致させて短光パルスを発生させることを特徴とする短光パルスの発生方法。

【請求項5】 半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端をもつ量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合部を備えた量子井戸領域とを具備して構成され、該光増幅領域と該量子井戸領域とが同一平面内で直列に接続され、該2つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面が形成され、更に該量子井戸領域の一部に該量子井戸層に電界を印可するための電極が設けられ、電極形成領域が光変調領域にされ、非電極形成領域が光導波路領域にされてなる半導体短光パルス発生装置を用い、光

増幅領域に直流電流を印可し、更に、光変調領域に逆バイアス電圧を重畳した高周波電圧を印可し、該高周波電圧の周期を、前記短光パルス光源内を光が往復する時間またはその整数分の一に一致させて短光パルスを発生させることを特徴とする短光パルスの発生方法。

【請求項6】 請求項3記載の半導体短光パルス発生装置を用い、光増幅領域に直流電流を印可し、更に、光変調領域に逆バイアス電圧を重畳した高周波電圧を印可し、可飽和吸収領域に逆バイアス電圧を印可し、該高周波電圧の周期を、前記短光パルス光源内を光が往復する時間またはその整数分の一に一致させて短光パルスを発生させることを特徴とする短光パルスの発生方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、超高速光通信に必要な短光パルスをモードロック法によって発生させるための短光パルス発生装置および前記短光パルス発生装置を用いて行なう短光パルスの発生方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 モードロック法により短光パルスを発生させるための素子として、従来、図7に示すように光増幅領域1と光導波路2が集積された素子が知られている。なお、この図7に示す素子が、この種の短光パルス発生素子の構成として最も基本的な構成であり、最初に実現された短光パルス発生素子である。

【0003】 図7に示す構造の素子において、光増幅領域1および光導波路2は、結晶端面3によってはさまれて構成されるファブリペロー共振器内に直列に配置されている。図7に示す光素子において、光増幅領域1は、電極層5とキャップ層6とクラッド層7と埋め込み層8と活性層9と基板10と電極層11などを主体として構成される半導体ダブルヘテロ構造部を備え、光導波路2は、基板10上においてクラッド層12、12でコア層13をはさんだ構造となっている。また、前記構造の短光パルス発生素子において、活性層9は、波長 $1.5\mu\text{m}$ のInGaAsPからなり、コア層13は波長 $1.3\mu\text{m}$ のInGaAsPからなる。

【0004】 図7に示す発生素子で短光パルスを発生させるには、光増幅領域1で発生させたレーザ光がファブリペロー共振器内で往復する時間に等しい周期の高周波電流を光増幅領域1に印可し、光増幅領域1の利得を変調する。これによってレーザ光の各縦モードが結合し、位相が揃うこと（モードロック）によって、短光パルスが発生される。このようなモードロック法を利用したレーザ素子で幅4psの短パルス光が得られたことをS. TuckercがElectronics Letters V.25 p.621に発表している。

【0005】 図8は、最近発表されたモードロック法を利用したレーザ装置の断面構造を示すものである。図8に示すレーザ装置は、基板15上に光増幅領域16と光

導波路17と可飽和吸収領域18を直列に配列して設けた構造である。ここで可飽和吸収領域18とは、電流注入を行わない半導体レーザ構造であり、光導波路17は閾値以上の直流電流を印可した活性導波路である。

【0006】このレーザ装置では、図7を基に先に説明した光増幅領域1と同じ機能を有する光増幅領域16のパルス形成機構に加え、可飽和吸収領域18がパルスを急峻化する作用を有している。この急峻化作用は、可飽和吸収領域18にパルスが入射された時、パルスの前半部が可飽和領域18の吸収によって削り取られるのに対して、パルスのピーク近傍およびパルスの後半部ではピーク近傍の強い光によって吸収が飽和し、パルスはそのまま通過することによるものである。このような図8に示されたレーザ装置の構造により、1.4psのパルス幅の短光パルスが得られていることをP. A. Morton らが、Applied Physics Letters V. 56 P. 111 に発表している。

【0007】前記モードロック法により短光パルスを発生するためには、ファブリペロー共振器内に光増幅領域1を設け、この光増幅領域1の利得を直接変調することが一般的であるが、ファブリペロー共振器内に更に光変調器を入れ、これを変調することによっても短光パルスを発生させることも可能である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】図7と図8に示す従来のモードロック法を利用した短光パルス発生素子においては、注入電流を変調することによって光増幅領域1、16の利得を直接変調する方法をとっている。ところがこれらの短光パルス発生素子は、モノシリック構造であるために、素子長が高々数mmと短く、変調周波数が10GHz以上になる。従ってこのような高周波領域では、利得の変調度は低周波数領域に比べて著しく低下する問題がある。また、光のパルス幅を狭くするためには、変調周波数と変調度を上げることが必要であるが、図7と図8に示す従来の短光パルス発生素子では、上述のように変調度が低いという欠点があった。

【0009】以上説明したように従来から短光パルスを発生させる装置の開発が種々進められているが、今回本発明者らは前記従来構造とは別種の構造により短光パルスの発生に成功したので本発明に到達した。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は前記課題を解決するために、半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端を有し量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合によって構成される光変調領域と、該光変調領域の吸収端より短波長に光吸収端をもつ半導体層ないしは量子井戸層をコア層とする光導波路領域の3つの領域を、同一平面内で直列に接続し、該3つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面を形成してなるもの

である。

【0011】請求項2記載の発明は前記課題を解決するために、半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端をもつ量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合部を備えた量子井戸領域とを具備させて構成し、該光増幅領域と該量子井戸領域とを同一平面内で直列に接続し、該2つの領域を直列配置された構造の両端部に光の反射面を形成し、更に該量子井戸領域の一部に該量子井戸層に電界を印可するための電極を設け、電極形成領域を光変調領域に、非電極形成領域を光導波路領域にしてなるものである。

【0012】請求項3記載の発明は前記課題を解決するために、請求項1または請求項2記載の短光パルス発生装置において、直列接続された光増幅領域と光導波路領域と光変調領域に対して可飽和吸収領域を直列接続してなるものである。

【0013】請求項4記載の発明は前記課題を解決するために、半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端を有し量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合によって構成される光変調領域と、該光変調領域の吸収端より短波長に光吸収端をもつ半導体層ないしは量子井戸層をコア層とする光導波路領域の3つの領域が、同一平面内で直列に接続され、該3つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面が形成されてなる半導体短光パルス発生装置を用い、光増幅領域に直流電流を印可し、更に、光変調領域に逆バイアス電圧を重畳した高周波電圧を印可し、該高周波電圧の周期を、光が該短光パルス光源内を往復する時間またはその整数分の一に一致させて短光パルスを発生させるものである。

【0014】請求項5記載の発明は前記課題を解決するために、半導体ダブルヘテロ接合部を備えた光増幅領域と、該光増幅領域の発光波長より短波長に光吸収端をもつ量子井戸層をはさむ半導体ダブルヘテロ接合部を備えた量子井戸領域とを具備して構成され、該光増幅領域と該量子井戸領域とが同一平面内で直列に接続され、該2つの領域が直列配置された構造の両端部に光の反射面が形成され、更に該量子井戸領域の一部に該量子井戸層に電界を印可するための電極が設けられ、電極形成領域が光変調領域にされ、非電極形成領域が光導波路領域にされてなる半導体短光パルス発生装置を用い、光増幅領域に直流電流を印可し、更に、光変調領域に逆バイアス電圧を重畳した高周波電圧を印可し、該高周波電圧の周期を、光が該短光パルス光源内を往復する時間またはその整数分の一に一致させて短光パルスを発生させるものである。

【0015】請求項6記載の発明は前記課題を解決するために、請求項3記載の半導体短光パルス発生装置を用い、光増幅領域に直流電流を印可し、更に、光変調領域

に逆バイアス電圧を重畳した高周波電圧を印可し、可飽和吸収領域に逆バイアス電圧を印可し、該高周波電圧の周期を、光が該短光パルス光源内を往復する時間またはその整数分の一に一致させて短光パルスを発生させるものである。

【0016】

【作用】量子井戸に電界を印可すると、光の吸収端が長波長側にシフトする現象が知られ、これを使用した光変調器が知られ、この光変調器は40GHz以上の高周波領域まで変調度を低下させることなく光を変調できる。そこで、ファブリペロー共振器内に光増幅領域と光導波路領域と光変調領域とを設け、光増幅領域に電流を印可して光を発生させ、光変調領域への印可電圧を変調することでモードロックが実現し、短光パルスが発生する。

【0017】また、光導波路領域を設けることで、素子長を長くする。この長い素子長構造を採用することにより、素子長により決まる変調周波数を高くすることが可能になり、変調度も高くなり、それらが電氣的に発生可能なものとなる。光増幅領域自体は、屈折率分散が大きいために、この領域を長くすることは好ましくない。本発明の如く光導波路領域を用いると屈折率分散は小さく、パルス幅の広がり小さい短光パルスが得られる。

【0018】

【実施例】（実施例1）以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1は本発明の第1実施例の短光パルス光源の概略構成を示すものであり、この実施例の短光パルス光源20は、基板21上に、図の左側から順に光増幅領域22と光導波路領域23と光変調領域24が直列接続されて構成されている。

【0019】光増幅領域22は、図1の基板21の左側上部に、電極層25とキャップ層26とクラッド層27と薄膜積層型の活性層28とクラッド層29とが積層された量子井戸レーザ構造にされている。光導波路領域23は、基板21の中央側上部に、クラッド層30とコア層31とクラッド層32とが積層された構造にされている。光変調領域24は、基板21の右側上部に、電極層33とキャップ層34とクラッド層35と薄膜積層型の光吸収層36とクラッド層37とが積層された量子井戸構造となっている。また、図1の基板21の底面側には電極層38が形成されている。

【0020】前記構造において、光増幅領域22の活性層28の発光波長と、光変調領域24の光吸収層36の吸収端と、光導波路領域23のコア層31の吸収端は、この順番で長波長になるように設定されている。この構造においては、活性層28と光吸収層36とコア層31がそれぞれ異なった材料または異なった組成の化合物半導体層とされ、それらのバンドギャップがそれぞれ変えられている。

【0021】ここで一般に、量子井戸に電圧を印可すると、光の吸収端が長波長側にシフトする現象が知られ、

この現象を利用して光変調器が一般に製作されている。この光変調器は、40GHz以上の高周波領域まで変調度が低下することなく光を変調できることが知られている。そこで前記構造の短光パルス光源20は、前記現象を利用し、光変調領域22と光増幅領域23と光導波路領域24をファブリペロー共振器内に設けた構造を採用し、光変調領域24による損失の変調を通して素子全体の利得を変調し、モードロックを実現することができ、これにより短光パルスを発生させることができる構造を採用した。光導波路領域23を設けたのは、光源20の素子全体の長さを長くし、素子長によって決まる変調周波数を向上させ、それを電氣的に発生可能なものとするためである。

【0022】光導波路領域23を用いずに、長い光増幅領域22と光変調領域24からのみなる構成を採用しても素子長を長くすることは可能である。しかし、光増幅領域22は屈折率分散が大きいために、光のパルス幅が広がるという問題点があるのでこの領域を長くすることは好ましくない。これに対して前記構造の短光パルス光源20では、受動型の光導波路領域23を有するので、屈折率分散は小さく、よってパルスの幅の広がりを小さくすることができる。

【0023】次に、図1に示す構造の製造例について、その具体的構造と構成材料について、またその作用について一例を挙げて詳述する。図1に示す構造の素子を薄膜形成法により作成した。短光パルス光源20の全体の素子長を2.5mm、光増幅領域22をグレーテッドインデックスInGaAs/InGaAsPからなる量子井戸レーザ構造とし、光増幅領域22の長さを0.5mm、光導波路領域23の長さを1.9mm、光変調領域24の長さを0.1mmとした。

【0024】光増幅領域22のキャップ層26をInGaAsから形成し、クラッド層27、29をInPから形成し、活性層28として、厚さ10nmのInGaAs井戸層が6層と、厚さ4nmの吸収端波長1.2μmのInGaAsP障壁層が5層積層された構成とした。光導波路領域23のコア層31を、1.3μmに吸収端をもつInGaAsPから構成し、クラッド層30、32をInPから形成した。前記コア層31の厚さは0.1μmとした。光変調領域24のキャップ層34はInGaAsから形成し、クラッド層35、37はInAlAsから形成し、光吸収層36は、厚さ7nmのInGaAs量子井戸層が7層と、厚さ5nmのInAlAs障壁層が6層積層された構成とした。

【0025】なお、この例の短光パルス光源の両端部には結晶の劈開面からなる反射面を形成し、ファブリペロー共振器を構成している。なお、前記結晶の劈開面を利用することなく、反射層を前記短光パルス光源の両端部に特別に設ける構成とすることもできる。

【0026】図1に示すように構成され、前記の寸法の

短光パルス光源20では、光増幅領域22に直流電流を印可し、光変調領域24に逆バイアスを重畳した16GHzの高周波電圧を印可することによって繰り返し周波数16GHz、幅1Psの短光パルスを発生することができた。ここで、図1に示す短光パルス光源20と従来素子との相違点は、従来素子が光増幅領域への注入電流の変調によって直接利得を変調していたのに対し、前記短光パルス光源20は、光変調領域24の損失を変調することによって素子全体での利得を変調し、モードロックを達成し、更に光導波路領域23を設けることによって変調周波数の調整を行ない得る点である。

【0027】なお前記の構造において、吸収端が光増幅領域22の発光波長より短波長である半導体層を吸収層とする光変調領域で光増幅層22を置き換えても短光パルス光源を構成することができる。

【0028】図1に示す構造の短光パルス光源20を製造しようとする場合、光増幅領域22の活性層28と光変調領域24の光吸収層36と光導波路領域23のコア層31とをそれぞれ異なった材料、または、異なった組成の化合物半導体層とし、各層のバンドギャップをそれぞれ変えなければならない。しかし、このような構造を実現するためには、成膜法により各層を製造する際の成長層を1~0.1μm程度の精度でエッチングした後、各領域が精度良く接続するように成膜装置内で膜を再成長させるという極めて困難な工程を2回以上繰り返し行なわなくてはならない。しかし、現実の製造装置では、このような再成長を行なえるのは、成膜時に1回までが限度であり、2回以上の再成長では大幅に歩留まりが低下する問題がある。そこでこのような製造上の問題を解決した構造が以下に記載する実施例2の構造である。

【0029】（実施例2）図2は光導波路領域を有する短光パルス光源の第2の例を示すものである。この例の短光パルス光源40は、光増幅領域41と光導波路領域42と光変調領域43をファブリペロー発振器内に直列配置したものであり、各領域において実施例1と同等の構成要素には同一符号を付してそれらの説明は省略する。この第2実施例において、先の第1実施例と異なるところは、光導波路領域42と光変調領域43を同一の層構造にしている点である。即ち、図2の構造では、光導波路領域42のクラッド層30'、32'とコア層31'を光変調領域43のクラッド層35、37と光吸収層36'と同一構造としている。

【0030】図2に示す構成を採用することにより、成膜時に1回の再成長で光増幅領域41と光導波路領域42とを接合し、素子構造を完成できるようになっている。この構造では、光変調領域43の方にだけ電極層33を設け、逆バイアスを印可し、量子井戸からなる吸収端を長波長側にシフトさせ、光増幅領域41で発生する光を吸収できるようにする。これに対して、電極を設けていない光導波路領域42は、量子井戸を有するもの

の、電界を印可しないために光増幅領域41の発光させた光に対して20~30dB/cmと比較的低損失となる。よって短光パルスを発生させることができる。

【0031】（実施例3）図3は光導波路領域を有する短光パルス光源の第3の例を示すものである。この例の短光パルス光源50は、光導波路領域52と光増幅領域51と光変調領域53をファブリペロー発振器内に順に直列配置したものであり、各領域において実施例1と同等の構成要素には同一符号を付してそれらの説明は省略する。この第3実施例において、先の第1実施例と異なるところは、光導波路領域52と光増幅領域51と光変調領域53とを順次配列している点と、光導波路領域52と光変調領域53とを同一の層構造にしている点である。

【0032】図3に示す構成を採用することにより、前記実施例2の構造と同等の効果をすることができる。

【0033】（実施例4）図4は光導波路領域を有する光パルス光源の第4の例を示すものである。この例の短光パルス光源60は、光増幅領域61と光変調領域63と光導波路領域62をファブリペロー発振器内に順に直列配置したものであり、各領域において実施例1と同等の構成要素には同一符号を付してそれらの説明は省略する。この第4実施例において、先の第1実施例と異なるところは、光増幅領域61と光変調領域63と光導波路領域62とを順次配列している点と、光導波路領域62と光変調領域53とを同一の層構造にしている点である。

【0034】図4に示す構成を採用することにより、前記実施例2の構造と同等の効果をすることができる。

【0035】（実施例5）図5は可飽和吸収領域を設けた短光パルス光源の一例を示すものである。この例の短光パルス光源70は、可飽和吸収領域74と量子井戸の光導波路領域72と光増幅領域71と量子井戸の光変調領域73を接続した構造である。可飽和吸収領域74は、この例では光増幅領域と同一の層構造となっている。可飽和吸収領域74とは、電界印可時ないしは無電界時ないしは光増幅作用を持たないような程度の電流を印可した時に、光増幅領域71で発生させた光を吸収する性質を有する領域である。

【0036】また、ここで用いる可飽和吸収領域74としては種々の構成をとることができる。可飽和吸収領域として、光増幅領域と同じ構造であり、電流注入をしない領域か、注入しても利得を持たないような低注入状態にある領域を使用する。これにより、光増幅領域でも可飽和吸収領域として作用させることができる。可飽和吸収領域74にパルスが入射すると、パルスの前半部が可飽和吸収領域74の吸収によって削り取られるのに対して、パルスのピーク近傍およびパルスの後半部ではパルスのピーク近傍の強い光によって可飽和吸収領域74のパルスの吸収能力が飽和し、パルスはそのまま通過する

ことになる。

【0037】この構造においてもモードロックにより短光パルスが発生させることができる。しかも、可飽和吸収領域74がパルスを急峻化するので、急峻化されたパルスを発生させることができる。

【0038】また、電流注入を行なわない量子井戸ないしは半導体層も可飽和吸収領域として作動させることができる。なお、可飽和吸収領域としては、量子井戸の方が弱い光で飽和し、特性としては優れている。この構造を具体化したものを実施例6で説明する。

【0039】（実施例6）図6は量子井戸の可飽和吸収領域を設けた短光パルス光源の第2の例を示すものである。この例の短光パルス光源80は、量子井戸の可飽和吸収領域84と量子井戸の光導波路領域82と光導波路領域81と量子井戸の光変調領域83を接続した構造である。

【0040】この例の構造において、可飽和吸収領域84は、量子井戸であり、層構造としては、光変調領域83と同一の層構造である。光変調領域83には逆バイアスに加えて高周波電圧を印可し、可飽和領域84には逆バイアスのみを印可することで、光増幅領域81で発生させた光を可飽和吸収領域84で吸収するようにしている。

【0041】この構造においてもモードロックにより短光パルスが発生させることができる。しかも、可飽和吸収領域84がパルスを急峻化するので、急峻化されたパルス光を発生させることができる。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように請求項1に記載した発明によれば、ファブリペロー共振器内に光増幅領域と光変調領域と光導波路領域を直列接続した構成となっているので、光増幅領域で光を発生させ、光変調領域への印可電圧を変調し、光変調領域の損失を変調することによって全体での利得を変調してモードロックを起こし、従来の短光パルス光源に比較してパルス幅の短い短光パルスを発生させることができる。また、光導波路領域を設けたことで、変調周波数の調節を行なうことができる。

【0043】更に、光導波路領域を設けているので、素子長を長くすることにより変調周波数を高め、変調利得を高くすることができる。また、光導波路領域を設けることで、光増幅領域を長くしなくとも素子長を長くできるので、光のパルス幅を広げてしまう光増幅領域を長くしなくとも素子長を長くすることができ、パルス幅の短い短光パルスが発生させることができる。

【0044】また、請求項2に記載した発明によれば、光増幅領域と量子井戸領域とをファブリペロー共振器内に設け、量子井戸領域の一部に電極を設けてこれを光変調領域とし、電極を設けない領域を光導波路領域とするので、この構造によっても同様にモードロックを起こし

て短光パルスを発生させ、変調周波数の調節を実施できる。

【0045】更に、請求項3に記載した発明によれば、請求項1または2記載の短光パルス光源において、前記各領域に加えて半導体層ないしは量子井戸層を有する可飽和吸収領域を設けたので、光変調領域に逆バイアスに加えて高周波電圧を印可し、可飽和吸収領域に逆バイアスのみを印可することで、モードロックを起こして短光を発生させ、更に、光増幅領域で発生させた光を吸収してパルスの急峻化をなすことができ、従来の短光パルス光源に比較してパルス幅の短い短光パルスを発生させることができる。また、光導波路領域を有するので、光の変調周波数を調節することもできる。

【0046】また、請求項1～3に記載のいずれかの短光パルス光源を用い、光増幅領域に直流電流を印可し、更に、光変調領域に逆バイアス電圧を重畳した高周波電圧を印可し、該高周波電圧の周期を、光が該短光パルス光源内を往復する時間またはその整数分の一に一致させることで従来の短光パルス光源に比較してパルス幅の短い短光パルスを発生させることができる効果がある。また、光導波路領域を設けたものを使用するので、素子長を長くすることにより変調周波数を高め、変調利得を高くすることができる。また、光導波路領域を設けることで、光増幅領域を長くしなくとも素子長を長くできるので、光のパルス幅を広げてしまう光増幅領域を長くしないので、パルス幅の短い短光を発生させることができる。更に、可飽和吸収領域を接続した構造の短光パルス光源を用いる方法によれば、可飽和吸収領域でのパルスの急峻化作用を利用することができ、より急峻化させた短光パルスを発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の第1実施例を示す断面図である。

【図2】図2は本発明の第2実施例を示す断面図である。

【図3】図3は本発明の第3実施例を示す断面図である。

【図4】図4は本発明の第4実施例を示す断面図である。

【図5】図5は本発明の第5実施例を示す断面図である。

【図6】図6は本発明の第6実施例を示す断面図である。

【図7】図7は従来のモードロックレーザの第1の例を示す断面図である。

【図8】図8は従来のモードロックレーザの第2の例を示す断面図である。

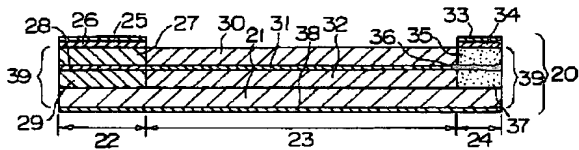
【符号の説明】

20 短光パルス領域、 21 基板、 22 光増幅領域、 23 光導波路領域、 24 光変調領域

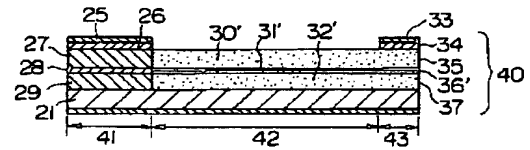
域、25 電極層、26 キャップ層、27
クラッド層、28 活性層、29 クラッ
ド層、30 クラッド層、31 コア層、
32 クラッド層、33 電極層、34 キャップ
層、35 クラッド層、36 光吸収層、37

クラッド層、38 電極層、40、50、6
0、70、80 短光パルス光源、41、51、61、7
1、81 光増幅領域、42、52、62、72、82
光導波路領域、43、53、63、73、83 光変
調領域、74、84 可飽和吸収領域、

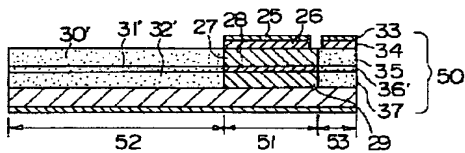
【図1】



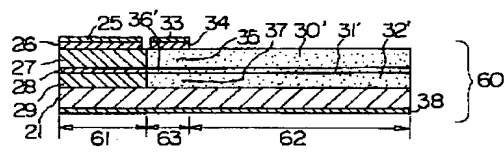
【図2】



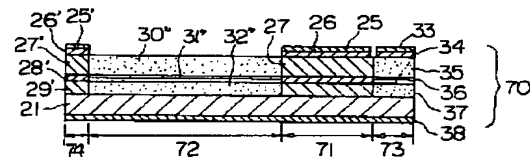
【図3】



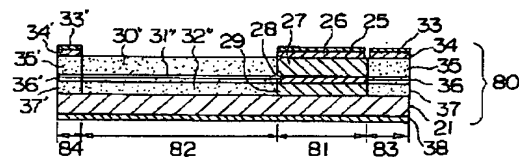
【図4】



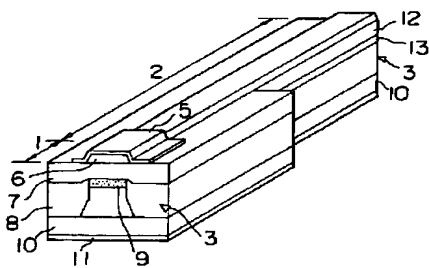
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

